

VI-107

切削補強リング付きシールドによるT字型地中接合法(その2)

- 既設管への影響解析 -

ジ オ ス タ ー 正会員 田中秀樹
 東京都下水道サービス 出口敏行
 熊 谷 組 正会員 山森規安
 ハ ザ マ 正会員 萩原 勉

1. はじめに

T字型地中接合法は、シールド機に切削機能と補強機能を兼ねる切削補強リングを装備し、既設管渠の側面を直接切削して新設管渠をT字型に接合する工法である。本報では、T字型地中接合法の提案にあたり、切削補強リング貫通時の既設管への影響(変形、応力状態)、および切削補強リングの状態(変形、応力、せり)を3次元FEM解析により評価し、本工法の効果、実現性を検証した結果を報告する。

表1 解析断面および荷重設計条件

セグメント外径	$D_0 = 4,800 \text{ mm}$
セグメント幅	$B = 1,000 \text{ mm}$
セグメント桁高	$h = 200 \text{ mm}$
切削補強リング外径	$d_0 = 2,500 \text{ mm}$
切削補強リング厚	$t = 40 \text{ mm}$
開口率(外径比)	52%
土被り	$H = 15.00 \text{ m}$
地下水位	$GL - 2.00 \text{ m}$
土の単位体積重量	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
同水中重量	$\gamma' = 8 \text{ kN/m}^3$
地盤反力係数	$k = 0 \text{ kN/m}^3$
側方土圧係数	$\lambda = 0.8$
上載荷重	$w = 10 \text{ kN/m}^2$

2. 解析条件

今回解析に用いた断面および荷重設計条件を表1に示す。解析モデルは図1に示す3次元シェル要素モデルとし、既設管の応力度については図2に示す鉄筋コンクリート断面(下水道標準セグメント C-143)を用いて発生断面力より算定した。また、解析ケースについては以下の3ケースとした。

① 解析ケース1

切削補強リングによる切削最終段階(貫通直後)を想定し、既設管と切削補強リングの接触部は、圧縮力のみ伝達し引張力は伝達しないGAP要素を用いたモデル。

② 解析ケース2

切削終了後、切削補強リングを既設管の補強リングとして接合した状態を想定し、接合条件を剛接合としたモデル。

③ 解析ケース3

切削補強リングの補強効果を確認するため、切削補強リングの無い状態を想定したモデル。

なお、材料定数は、弾性係数 $E_c = 26 \text{ kN/mm}^2$ 、 $E_s = 210 \text{ kN/mm}^2$ 、ポアソン比 $\nu_c = 0.2$ 、 $\nu_s = 0.3$ とした。

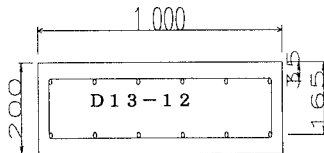


図2 既設セグメント応力算定断面図

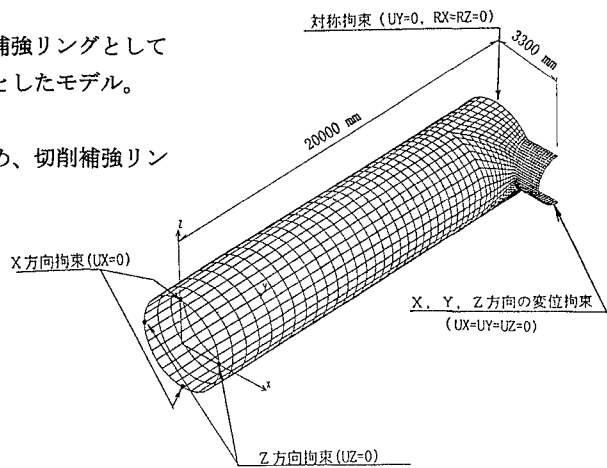


図1 3次元シェル要素モデル

キーワード セグメント、地中接合、シールド機、切削リング、3次元FEM

〒108 港区芝4-2-3 いすゞ芝ビル Tel 03-5232-1405 Fax 03-5232-2651

〒100 千代田区大手町2-6-2 Tel 03-3241-0074 Fax 03-3241-0783

3. 解析結果

（1）既設管の変形

図3に既設管の水平方向変形量および鉛直方向変形量をトンネル軸方向に展開した結果を示す。開口による変形への影響は、開口中心より約10m付近（4.0D）から現れ、切削補強リングとの接触部で最大となっている。また、切削補強リングによる変形量の抑制効果は、最大の変形量が生じるスプリングラインの水平方向変形量において、一般部約9mmからの増加量として解析ケース3の10mmに比べ、解析ケース1で7mmと、約30%程度変形が小さくなることにより確認できた。

（2）既設管の応力度

図4に既設管のスプリングラインに発生する鉄筋およびコンクリートの発生応力をトンネル軸方向に展開した結果を示す。既設管に作用する応力は、開口中心より開口径の1.5倍（1.5D）付近より急激に増加し、その最大値は、切削補強リングが無い場合は短期許容応力度をはるかに超える $\sigma's = 400 \text{ N/mm}^2$ 、 $\sigma'c = 29 \text{ N/mm}^2$ であるのに対し、 $\sigma's = 210 \text{ N/mm}^2$ 、 $\sigma'c = 18 \text{ N/mm}^2$ と約40%小さくなり、切削補強リングによる補強効果が確認できた。

（3）切削補強リングに作用する押付力

既設管開口部のせりによる押付力（GAP要素反力）は、クラウン部101.2度およびインバート部90.0度の範囲に作用し、その総力は2774 kN（図5）であった。従って、この状態では大きな回転トルクが必要とが推測されるが、本解析が開口直後の状態であること、切削補強リングを切削リングと補強リングの2重構造としたことから、問題はないと考える。また、この反力によって生じる切削補強リングの鉛直方向変形量は、切削最終段階（解析ケース1）で5.5mm、最大発生応力は、完成時（解析ケース2）で $\sigma s = 128 \text{ N/mm}^2$ と、十分な剛性、強度を有している。

4. まとめ

下水管T字接合法による施工過程で既設管に最も大きな影響を与える開口直後の状態を、3次元FEM解析により検証した。その結果、切削補強リングの補強効果は、変形量抑制に約30%、増加応力抑制に約40%期待でき、本工法により従来の補強工を併用することなく切削開口が可能であることが確認できた。なお、切削中の所要回転トルクの推定、2次元骨組解析への展開などが今後の課題である。

- <参考文献> 「シールド工用標準セグメント」：社団法人 日本下水道協会
「下水道仮設計マニュアル（案）」：東京都下水道局 中部建設事務所
「トンネル標準示方書・シールド工法編・同解説」：土木学会

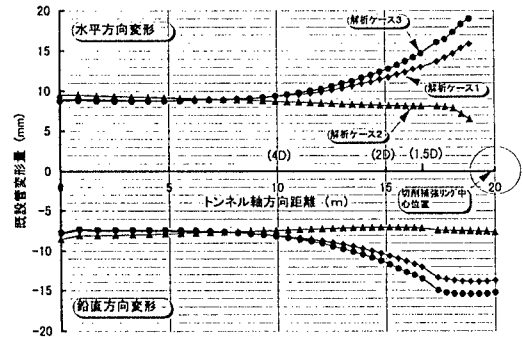


図3 既設管の変形量

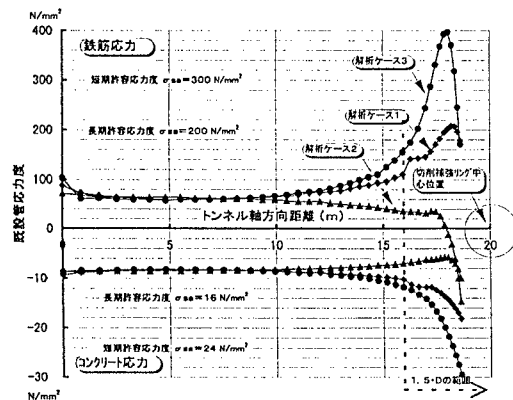


図4 既設管の応力度

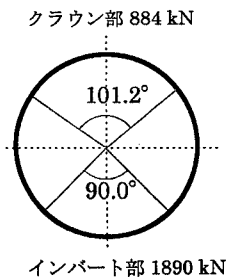


図5 押付力と接触範囲